УДК 599.742.4:612

Д. В. Терновский, И. Л. Туманов, Ю. Г. Терновская

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОБУСЛОВЛЕННОСТЬ СЕРДЕЧНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ У MUSTELIDAE

В процессе эволюции у млекопитающих выработались адаптивные черты функционального строения систем органов. В этом плане в отряде хищных привлекает внимание семейство куницеобразных — Mustelidae, выделяющееся разнообразием жизненных форм (наземные, полунорные, полудревесные, полуводные). В ходе исторического развития дивергенция в этой группе шла путем приспособления к различным условиям среды и добычи пищи. Отражением этого процесса у куницеобразных явились многочисленные морфологические преобразования, прежде всего в таких системах как пищеварительная, дыхательная, сердечно-сосудистая, нервная и костно-мышечная (Боголюбский, 1941; Терновский, 1958, 1977; Абеленцев, 1968; Соколов и др., 1974; Туманов, 1974; Коршунова и др., 1979 и др.).

В этой связи физиологические тесты могут существенно дополнить имеющиеся представления о систематической близости видов и основных направлениях их экологической радиации. Нами предпринята попытка выявить видовые различия в биоэлектрической активности сердца, акте дыхания и термометрических реакциях организма куницеобразных, обусловленные их образом жизни. Эти материалы, характеризующие норму физиологических параметров изучаемых зверей, могут быть также использованы для диагностики состояния хищников, разводимых в зверохозяйствах, зоопарках и расселяемых внутри страны с целью обогащения промысловой фауны.

Исследования проводились на экспериментальной базе Биологического института СО АН СССР (Новосибирск) в мае — июле 1975, 1976 и 1979 гг. Звери содержатся здесь в вольерах, в условиях, приближенных к естественным, и успешно размножаются. У подопытных животных регистрировали: электрокардиограмму (ЭКГ), частоту пульса и дыхания, ректальную температуру. Во время экспериментов температура воздуха колебалась в незначительных пределах от +20 до +25° С.

Записи пульса и ЭКГ проводили без применения наркоза, что позволяет избежать искажения результатов, обычно вызываемых усыплением животных. Экспериментатор фиксировал зверька руками (в перчатках) доводя его до спокойного состояния и придавая телу естественное положение (поза лежащего на животе зверя). Биоэлектрическую активность сердца регистрировали от конечностей животного в трех стандартных отведениях на ленте одноканального чернильно-пишущего электрокардиографа. В качестве электродов использовали легкие металлические зажимы. Скорость лентопротяжного механизма составляла 50 мм/сек., при режиме работы аппарата 1 мв = 10 мм. Расшифровку ЭКГ проводили во втором отведении по методике Н. Г. Никулина (1956) и М. П. Рощевского (1972). Частоту дыхания устанавливали визуально, подсчетом с секундомером числа экскурсий грудной клетки у отдыхающих зверьков. Температуру тела измеряли безинерционным медицинским электротермометром ТЭМП-60.

Исследования проводили на взрослых клинически здоровых зверьках, относящихся к 13 видам куницеобразных. Кроме того, изучены 2 подвида ласок и альбинос черного хорька — фуро. В опытах использованы 88 самцов и самок, для которых получено 145 ЭКГ и такое же число других физиологических показателей.

В оценке функционального состояния организма большое значение имеют показатели сердечной деятельности, которая во многом определяет его компенсаторные возможности. Результаты проведенных исследований свидетельствуют о том, что в спокойном состоянии у взрослых зверей регистрируется характерная для вида форма ЭКГ. Частота пульсации сердца — величина довольно вариабельная. Необычная окружающая среда, различные внешние раздражители легко вызывают усиление

или замедление функциональной деятельности сердечно-сосудистой системы. Но эти изменения носят, как правило, кратковременный характер, укладываясь в норму, свойственную для каждого вида. Для многих представителей семейства в начале опыта на ленте ЭКГ регистрируется аритмия, которая исчезает, когда зверек успокаивается. Такая «стартовая реакция» организма отмечалась нами у большинства особей хищников, ведущих полуводный и полунорный образ жизни (норки, хорьки, перевязка) и продолжалась до 5—10 мин. У ласки, горностая, солонгоя и колонка период аритмии длился от 1 до 4 мин. У росомахи, куницы и соболя аритмия не наблюдалась. По-видимому, такое отклонение от естественного сердечного ритма имеет неврогенный характер, так как не отмечено нами у детенышей хорей, норок и горностая на ранних стадиях постнатального развития и у взрослых зверей, находящихся под наркозом.

Установлено, что внешние раздражители не вызывают столь резкого изменения частоты сердцебиений, как при физической нагрузке (бег, прыжки и т. п.). Реакция на внешние раздражители (световые вспышки, свист, появление незнакомого предмета) проявляется обычно в кратковременном увеличении скорости сердечных сокращений, в среднем на 20—30%, тогда как даже после непродолжительного бега зверьков их пульс учащался в 1,5—2 раза и особенно резко возрастал вольтаж зубцов (R и T). Наиболее четко это проявилось у представителей рода *Martes*. У зверька в состоянии покоя все элементы ЭКГ соответствуют определенной видовой норме. Такая запись с учетом частоты пульса, продолжительности интервалов и вольтажа зубцов наиболее четко и полно характеризует особенности биоэлектрической активности сердца отдельных групп животных, сходных по образу жизни.

Анализ биотоков сердца у изучаемых животных позволил выявить видовые специфические особенности в темпе сердечной деятельности и характеристике основных элементов ЭКГ. Исследования показали, что частота пульса у куньих колеблется от 220 уд/мин (норки, росомаха) до 360—380 уд/мин (обыкновенная ласка, горностай). У видов со сходной массой тела обнаруживается взаимосвязь интенсивности сердечной деятельности с особенностями поведения и образа жизни. Так, полуводные — норки имеют самую низкую частоту пульса, а куницы и соболь, ведущие более активный и подвижный образ жизни, имеют очень высокую скорость сердечных сокращений (табл. 1). Среди хорьков меньший темп сердечной деятельности обнаружен у светлого хорька, организм которого постоянно испытывает большие нагрузки, т. к. этот хищник хорошо адаптирован к раскапыванию нор своих основных жертв — обыкновенного хомяка, сусликов, водяной полевки. По-видимому, более редкий пульс у светлого хорька по сравнению с черным хорьком и альбиносом-фуро можно рассматривать, как компенсаторную реакцию организма, направленную на увеличение «разрешающей способности» сердца во время возрастания физической нагрузки при копании.

Разбор электрокардиограмм куницеобразных позволяет выявить сходство и различия между видами по биоэлектрической активности сердца. Так, ласка и горностай имеют много общих черт в рисунках ЭКГ. Они характеризуются малой продолжительностью сердечного цикла (R—R) и высоким вольтажем положительных (P, R, T) и отрицательного (S) зубцов (рис. 1). По величине этих показателей закавказская ласка скорее напоминает горностая, чем обыкновенную ласку. Близко к этой группе стоит солонгой. Однако на ЭКГ он четко отличается от горностая большей продолжительностью интервалов и низким вольтажем всех зубцов ЭКГ (табл. 2).

Таблица 1. Соотношение массы тела (г) и частоты пульса (мин.) **у куницеобразных** (в числителе — самцы, в знаменателе — самки)

Вид, подвид, форма	Число особей (экз.)	Число повторов опыта (n)	Масса тела, г M±m	Частота пульса M±m
Обыкновенная ласка	5 / —	9 / —	91±4,2 / —	364±13,5 / —
Закавказская ласка	1 / —	3 / —	149 / —	345 / —
Пустынная ласка	1 / —	2 / —	234 / —	300 / —
Горностай	4 / 11	7 / 13	241±13,2 / 140±6,2	290±7,3 / 384±12,3
Солонгой	6 / 5	6 / 6	497±12,1 / 360±21,7	279±18,4 / 300±12,5
Колонок	4 / 4	6 / 7	735±74,0 / 504±42,7	300±32,0 / 291±14,2
Перевязка	2 / —	4 / —	762±30,2 / —	312±49,9 / —
Светлый хорек	1 / 3	3 / 6	1685 / 691±37,3	255 / 260±10,0
Фуро	4 / 3	8 / 3	1629±190,0 / 925±29,1	290±19,4 / 373±31,8
Черный хорек	2 / 2	3 / 4	1832±104,9 / 797±2,2	333±18,9 / 345±48,2
Европейская норка	7 / 6	9 / 14	1180±41,3 / 762±11,5	221±11,0 / 223±14,2
Американская норка	1 / 5	5 / 5	1828±40,1 / 891±47,3	215±6,8 / 221±18,9
Лесная куница	1 / 2	3 / 3	1197 / 1000	300 / 312
Каменная куница	— / 1	— / 3	— / 1197±2,9	— / 349±50,2
Соболь	3 / 3	6 / 5	2113±70,5 / 1586±74,1	346±40,3 / 332±27,0
Росомаха	— / 1	— / 2	— / 9000	— / 225

У хорьков (светлого, черного, фуро) мы не нашли различий в размерах основных зубцов кривой биотоков сердца. В то же время по большей продолжительности сердечного цикла (R—R), систолы и особенно диастолы (T—P) светлый хорек заметно отличается от двух других. Отметим, что кариотип черного хорька и фуро также морфологически идентичен, но несколько отличается от хромосомного набора светлого хорька (Волобуев и др., 1974). От ЭКГ ласок и горностая электрокардиограмма хорьков отличается не только продолжительностью интервалов, но и меньшей высотой зубца T и, особенно, отрицательного S. По этим показателям к хорькам ближе других стоит перевязка (рис. 2). У колонка ЭКГ больше напоминает кривую биотоков сердца ласок, горностая и солонгоя.

Для ЭКГ норок характерен низкий вольтаж зубцов. Анализ ее у данных видов позволил выявить существенные различия между ними.

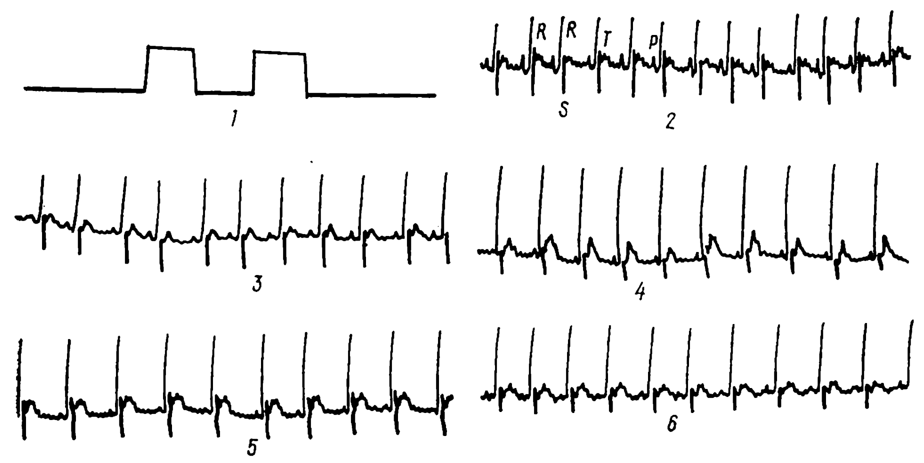


Рис. 1. Нормальная электрокардиограмма ласок, горностая и солонгоя (ориг.):
1 — показатель усиления, 1 мв = 10 мм; 2 — обыкновенная ласка; 3 — пустынная ласка; 4 — закавказская ласка; 5 — горностай; 6 — солонгой.

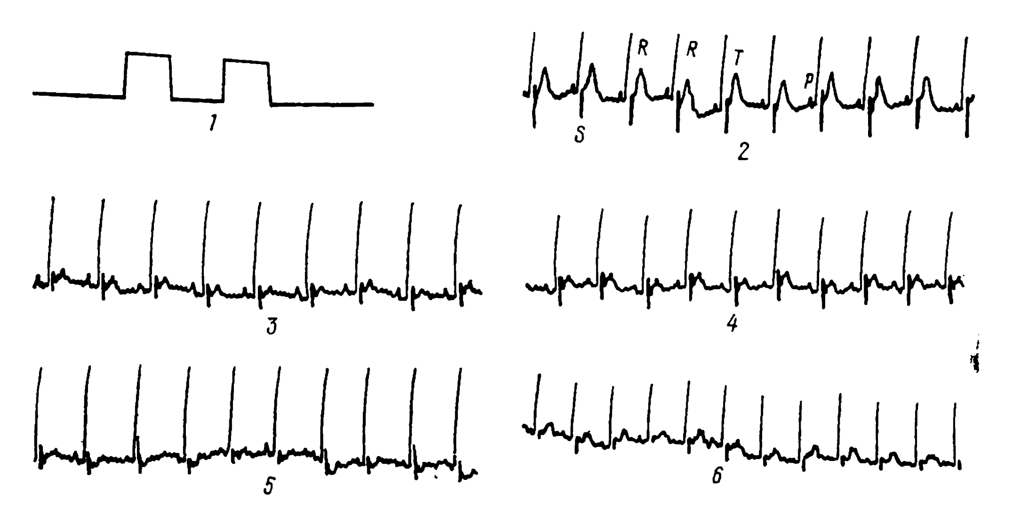


Рис. 2. Нормальная электрокардиограмма колонка, хорьков и перевязки (ориг.):
1 — показатель усиления, 1мв = 10 мм; 2 — колонок; 3 — степной хорек; 4 — фуро (белый хорек); 5 — черный хорек; 6 — перевязка.

Так, на ЭКГ американской норки в наших опытах всегда отчетливо проступал зубец Т, по вольтажу которого она сходна с куницами и соболем. Высота зубца Т у этих видов в среднем в 2 раза больше, чем у европейской норки. В то же время остальные зубцы и, особенно, отрицательный S у последней выражен более отчетливо по сравнению с таковым у американского вида (рис. 3).

Соболь и куницы заметно отличаются от других куницеобразных по ЭКГ. Для них характерны большая скорость сердечных сокращений, отсутствие аритмии, высокий вольтаж всех положительных зубцов, особенно Т и слабая выраженность (или отсутствие) отрицательного S. По форме кривой биотоков сердца к ним близка росомаха, на ЭКГ которой низкий зубец S также проявляется неотчетливо (табл. 2).

При оценке функционального состояния сердца принято рассчитывать систолический показатель, или отношение длины систолы желу-

5 0—2887

Таблица 2. Вольтаж (мм) основных зубцов нормальной ЭКГ куницеобразных (M±m)

Вид, подвид, форма	Самцы			
	P	*R*	*S*	*T*
Обыкновенная ласка	3,3±0,5	16,7±0,8	8,0±0,9	4,7±0,4
Пустынная ласка	3,0	17,0	7,0	4,0
Закавказская ласка	2,5	23,0	6,0	6,0
Горностай	2,8±0,5	21,4±1,2	7,2±0,6	8,2±1,4
Солонгой	2,0±0,3	15,0±1,5	4,6±0,6	3,6±0,4
Колонок	3,2±0,9	20,0±1,2	5,6±1,1	7,8±0,8
Перевязка	1,4±0,2	12,5±1,2	2,1±0,3	2,6±0,5
Светлый хорек	2,5±0,3	20,5±0,3	2,5±0,3	4,7±1,2
Фуро	2,3±0,3	17,6±0,7	2,0±0,5	3,9±0,3
Черный хорек	2,5±0,4	16,5±0,6	3,0±0,7	2,0±0,6
Европейская норка	2,5±0,4	17,0±1,0	3,5±0,5	3,3±0,3
Американская норка	2,5±0,5	14,4±1,0	1,0±0,3	5,0±0,4
Лесная куница	4,8±0,4	19,7±2,2	1,8±0,4	8,3±1,2
Каменная куница	—	—	—	—
Соболь	3,0±0,4	15,3±1,3	3,0±0,4	6,7±1,0
Росомаха	—	—	—	—

Вид, подвид, форма	Самки			
	P	*R*	*S*	*T*
Обыкновенная ласка	—	—	—	—
Пустынная ласка	—	—	—	—
Закавказская ласка	—	—	—	—
Горностай	3,3±0,4	18,8±0,8	5,2±0,7	6,5±0,6
Солонгой	2,0±0,3	14,6±1,8	3,0±0,6	3,2±0,3
Колонок	3,1±0,4	19,1±0,4	4,9±0,8	5,1±0,7
Перевязка	—	—	—	—
Светлый хорек	2,7±0,6	17,2±1,6	2,0±0,5	4,0±0,4
Фуро	2,0±0,5	17,9±3,6	3,0±0,4	2,7±0,9
Черный хорек	3,3±0,6	17,8±1,9	2,0±0,5	4,0±1,1
Европейская норка	3,1±0,3	16,0±1,7	4,2±0,3	3,6±0,2
Американская норка	2,0±0,4	15,0±1,8	2,3±0,4	6,2±0,8
Лесная куница	2,5±0,0	19,5±2,3	2,0±0,0	9,5±0,4
Каменная куница	3,0±0,0	17,0±1,5	1,0±0,0	5,0±0,6
Соболь	3,0±0,3	15,6±1,2	3,0±0,6	5,6±1,0
Росомаха	3,0	17,0	2,0	4,0

дочков к продолжительности сердечного цикла $\left(\frac{QRST \cdot 100}{R-R}\right)$ и отношение размеров систолы к диастоле $\left(\frac{P-T}{T-P}\right)$. По этим величинам можно судить о напряженности работы сердца. По комплексной оценке величины данных тестов среди сем. Mustelidae куницы и соболь заметно выделяются своими наиболее высокими, а норки — очень низкими показателями. Напряженная деятельность сердечной мышцы мелких видов хорошо иллюстрируется расчетом частоты пульса на единицу массы тела зверька (табл. 3). Как показывают материалы исследований, в этом случае, на общем фоне снижения темпа сердечной деятельности с уве-

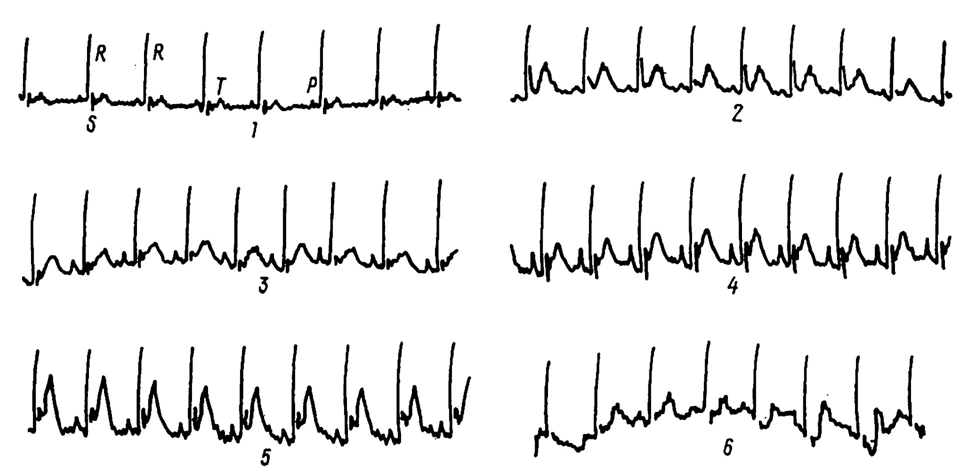


Рис. 3. Нормальная электрокардиограмма норок, куниц и росомахи (ориг.):
1 — европейская норка; *2* — американская норка; *3* — каменная куница; *4* — лесная куница; *5* — соболь; *6* — росомаха.

личением массы животных просматриваются и видовые различия, обусловленные эколого-морфологическими особенностями хищников. Например, в группе хорьков и норок сравнительно низкий пульс у светлого хорька и американской норки, по-видимому, объясняется большим весом (индексом) их сердца (Терновский, 1977). Известно, что необходимый для жизнедеятельности организма минутный объем обеспечивается у видов с малой массой сердечной мышцы за счет увеличения частоты пульса, а у видов с мощным сердцем — за счет систолического или ударного объема (Аршавский, 1967).

Четко коррелирует с массой тела и частота дыхания хищников, которая определялась нами визуально на отдыхающих (спящих) зверьках (табл. 3). У бодрствующих животных частота дыхания отличается большой вариабельностью и нередко сопровождается паузами с последующим затем учащением дыхательного акта.

Интенсивность работы сердечно-сосудистой и дыхательной систем тесно связана с уровнем всех физиологических процессов в живом организме, индикатором которого может служить ректальная температура. По нашим данным, наиболее высокую температуру имели соболь, куница, горностай. Причем, эта разница между самцами горностая и обыкновенной ласки была близка к статистической достоверности ($p<0{,}95$), а между горностаем и солонгоем — достоверна, как в группе самцов, так и в группе самок ($p>0{,}99$). Низкая температура тела постоянно отмечалась у европейской норки и хорьков — светлого и фуро. Причем разница между самцами черного хорька и фуро была статистически достоверной ($p>0{,}95$).

Самую низкую полостную температуру регистрировали у представителей аридной зоны — пустынной ласки и перевязки (табл. 3). Данную особенность этих видов, вероятно, можно рассматривать как наследственно закрепленную и поэтому достаточно консервативную реакцию их организма к возможности существования в условиях жаркого климата.

Проведенные исследования позволили также отметить, что у европейской норки ректальная температура была достоверно ниже, чем у американской. Так, у самцов эта разница составляла 0,6° ($p=0{,}95$), а у самок — 1,1° ($p>0{,}95$).

Таблица 3. Характеристика некоторых физиологических показателей у куницеобразных (в числителе — самцы, в знаменателе — самки)

Вид, подвид, форма	Систолический показатель (%)	Отношение системы к диастоле	Удельная частота пульса (ударов/мин. на кг веса)	Частота дыхания		Ректальная температура, ° M±m
				в 1 мин. M (lim)	в пересчете на кг веса, M	
Обыкновенная ласка	50 / —	3,0 / —	4000 / —	84(80—88) / —	923 / —	37,4±0,3 / —
Пустынная ласка	45 / —	1,8 / —	1282 / —	72(70—74) / —	307 / —	35,3 / —
Закавказская ласка	47 / —	2,4 / —	2315 / —	77(76—78) / —	516 / —	37,2±0,6 / —
Горностай	43 / 50	2,0 / 3,0	1203 / 2743	60(52—68) / 54(40—76)	249 / 385	38,0±0,2 / 38,2±0,3
Солонгой	45 / 45	2 1 / 2,3	561 / 833	55(52—60) / —	111 / —	37,1±0,1 / 37,2±0,1
Колонок	42 / 50	1,7 / 2,5	408 / 577	61(48—76) / 60(52—68)	83 / 119	37,6±0,2 / 38,5±0,5
Перевязка	61 / —	3,8 / —	409 / —	41(36—48) / —	53 / —	35,2±0,4 / —
Светлый хорек	46 / 43	2,4 / 1,8	151 / 376	32(24—40) / 23(20—28)	19 / 33	36,9±0,5 / 37,0±0,7
Фуро	46 / 47	2.5 / 3,0	178 / 401	59(44—68) / —	36 / —	36,9±0,4 / 36,4±0,5
Черный хорек	50 / 47	2,6 / 3,2	182 / 433	58(40—68) / —	31 / —	37,9±0,1 / 37,6±0,6
Европейская норка	40 / 42	1,7 / 1,6	187 / 292	52(40—60) / 41(36—48)	44 / 53	36,6±0,1 / 36,2±0,3
Американская норка	46 / 44	2,2 / 1,7	112 / 248	41(36—52) / —	23 / —	37,2±0,3 / 37,3±0,3
Лесная куница	55 / 60	4,0 / 4,2	259 / 312	27(24—32) / 31(28—36)	22 / 31	39,0±0,4 / 39,8±0,5
Каменная куница	— / 53	— / 4,6	— / 291	—	—	— / 38,4±0,3
Соболь	47 / 55	3,2 / 5,0	163 / 209	68(52—96) / —	32 / —	39,5±0,3 / 39,9±1,0
Росомаха	— / 48	— / 2,8	— / 45	— / 43(32—60)	— / 5	— / 37,5

В заключении следует отметить, что проделанная работа позволяет глубже понять видоспецифические особенности изучаемых животных, механизмы их адаптаций и характеризует норму реакции организма к условиям существования.

SUMMARY

Studies in the bioelectrical cardiac activity, respiration act and body temperature of mustelids permitted species specific properties of these animals to be revealed, which contributes to comprehension of their adaptation mechanisms. The data of the research make it possible to differentiate the species by the level of the physiological activity, which may be of essential significance when specifying their taxonomic belonging.

Абеленцев В. І. Куницеві. — Київ : Наук. думка, 1968. — (Фауна України; Т. 1. Вип. 3). — 279 с.
Аршавский И. А. Очерки по возрастной физиологии. М. : Медицина, 1967. — 475 с.
Боголюбский С. Н. Соотношение массы и размеров органов у разводимых Mustelidae. — Тр. Москов. зоотехн. ин-та, 1941, **1**, с. 61—71.
Волобуев В. Т., Графодатский А. С., Терновский Д. В. Эволюция кариотипа и дифференциация видов в семействе Mustelidae (Carnivora). — В кн.: I международный териологический конгресс. — М., 1974, т. I, с. 122—123.
Коршунова Л. Н., Туманов И. Л. Морфологические особенности дуги аорты некоторых представителей семейства куньих. — Вестн. зоол., 1979, № 3, с. 36—40.
Никулин Н. Г. Основы и техника электрокардиографии. — М. : Медгиз, 1956. — 202 с.
Рощевская М. П. Эволюционная электрокардиология. — Л. : Наука, 1972. — 251 с.
Соколов И. И., Соколов А. С., Клебанова Е. А. Морфологические особенности органов движения некоторых куньих (Mustelidae) в связи с образом жизни. Функциональная морфология млекопитающих. — Тр. Зоол. ин-та, 1974, **65**, с. 4—98.
Терновский Д. В. Биология и акклиматизация американской норки (Lutreola vison Bris.) на Алтае. — Новосибирск: Кн. изд-во, 1958. — 138 с.
Терновский Д. В. Биология куницеобразных. — Новосибирск : Наука, 1977. — 280 с.
Туманов И. Л. Морфо-физиологические особенности кровеносной системы куньих. — Тр. Зоол. ин-та, 1974, **65**, с. 123—147.

Биологический ин-т СО АН СССР,
Западное отделение ВНИИОЗ

Поступила в редакцию
11.X 1979 г.